

Title	変圧器絶縁劣化及び故障の検出法
Sub Title	Detection of insulation deteriorations and locations of transformer
Author	森, 元吉(Mori, Motokichi)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	1948
Jtitle	慶應義塾大学工学部研究報告 (Proceedings of Faculty of Engineering, Keiogijuku University). Vol.1, No.1 (1948. 4) ,p.19(19)- 27(27)
JaLC DOI	
Abstract	The insulations of transformer and generater will be deteriorated or injured and even if the deterioration proceeds to the layer short or grounding, it will be difficult to point out the insulation faults, unless the facts are recongnized from outer circumference, that the current flowing, local heating smelling, and carbonizing. Before the insulation faults extends to be recognized from the outer circumference, there is a period which the local conductivity of insulation is growing or something like pin holes are in causing. If the deterioration of insulation in earlier state is detected, exactly from the outer circumference, we will be able to study rapidly how to cope with the situation. Thus we can not only protect against the fault, but also the continuation of runing will be kept reliably. By this method, the defects of insulation may be detected by using the impulse voltage according to the impulse level of the transformer insulation.
Notes	目次のタイトル : 変圧機器絶縁劣化及び故障の検出法 CONTENTSのタイトル : Detection of insuiation deteriorations and faults of transformer
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001004-00010001-0019

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

F. R. W.	Volume	cc	155	39.4	21.0	59.0
	Potency	u/cc	78000	52000	86900	65000
	Total	u	1210×10^4	205×10^4	182×10^4	384×10^4
	%		62.0	64.0	67.5	60.6
Powder	Weight	mg	24700	3750	4950	6240
	Potency	u/mg	421	501	415	567
	Total	u.	1040×10^4	188×10^4	164×10^4	354×10^4
	%		57.1	58.0	60.8	55.8

の pH の特徴ある変化はペニシリン收獲時期をある程度示唆することになる。

(4) 抽出工程に於けるペニシリン收率に對する培地組成の影響をみるに、ペプトン培地に於ては、合成培地に比較し活性炭吸着率が比較的低い。

(5) 抽出工程に於けるペニシリン收率に及ぼすフェニル醋酸添加の影響をみるに極めて著しい。抽出工程の各段階に於てフェニル

Table 9. Penicillin yield when precipitate of acetone-concentrate at pH 2.5 filtrated.

		I	II
Acetone conc.	Volume cc	100	100
	Potency u/cc	2730	6010
	Total u.	273000	6010000
After filtration at pH 2.5, 0°C	Volume cc	98	99
	Potency u/cc	2650	5530
	Total u.	25970	547000
	%	95.3	91.0
Loss	%	4.7	9.0

醋酸を添加した場合と添加せざる場合とを比較するに前者に於て著るしい増収が認められる。特に最後の操作すなわち凍結乾燥時に於て、後者に於ては従来 10~20% の損失が認められるが、前者に於ては約 5% 以下にとどめ得る。培地単位を基礎とする總收率に於ては 15~30% 程度の増収が前者に於て認められる。

變壓器絶縁劣化及び故障の検出法

昭和 23 年 (1948), 2 月 25 日受理

森 元 吉*

Motokichi Mori*: Detection of Insulation Deteriorations and Locations of Transformer. The insulations of transformer and generator will be deteriorated or injured and even if the deterioration proceeds to the layer short or grounding, it will be difficult to point out the insulation faults, unless the facts are recognized from outer circumference, that the current flowing, local heating smelling, and carbonizing. Before the insulation faults extends to be recognized from the outer circumference, there is a period which the local conductivity of insulation is growing or something like pin holes are in causing. If the deterioration of insulation

* 慶應義塾大學教授, 工博; Dr. Eng. Prof. of Keiogijuku University.

in earlier state is detected exactly from the outer circumference, we will be able to study rapidly how to cope with the situation. Thus we can not only protect against the fault, but also the continuation of runing will be kept reliably. By this method, the defects of insulation may be detected by using the impulse voltage according to the impulse level of the transformer insulation.

目 次

- I. 機器絶縁故障早期検出法への要望
- II. 研究経過
- III. 本検出法の原理及び規準波
- IV. 柱上變壓器に依る絶縁損傷検出
- V. 検出電壓値

I. 機器絶縁故障の早期検出法への要望

變壓器及び發電機巻線の絶縁が劣化し或いは損傷して、これが進展して遂に層間短絡或いは接地短絡に至つても、電流が流れ局部發熱し發臭し或いは炭化して外部から認められるに至らなければ、絶縁の故障はそれを指摘することは一般に至難とされている。然しながら絶縁の故障を斯の如く外部から識別し得るに至るまでには、初期劣化状態或いは初期損傷状態として、局部導電性が増大するとか微少な損傷としてピンホール状に絶縁皮膜が損傷している期間がある筈である。斯く過渡状態の絶縁劣化或いは損傷を若し適切に検出し得るとせばその対策は講じ得られ、故障を未然に防止し、機器の運轉保守を一層確實なものとし所謂電力の不斷性を確立することが出来る。

亦この検出法を待望する一面として變壓器の衝擊電壓試験を實行するに關したことがある。變壓器の衝擊電壓試験が要望される原因の一つは、雷害に依る同器の破壊の頻度が多いことから一定の衝擊電壓試験を課して襲雷時或程度の絶縁強度の保證を得ようとするにある。然し衝擊電壓試験を受けた變壓器が其の試験後外觀上何等異變が認められぬとしても何等か絶縁物に測定し得られぬ損傷があたえられ、亦この損傷を適切に見出す検出法が無いとすれば、この試験を施行して良いか否かを迷はざるを得ないこととなる。一方絶縁故障の検出に關する研究は甚だ少く稀にあつても斷片的であり、實際に應用された例は殆んど聽かない。事變中米國に於て研究され稍々系統的なものに、後述の如き變壓器の勵磁状態に於て衝擊電壓を印加する方法がある。これは衝擊波印加に依る層間短絡を勵磁電流の變化から判定する方法である。本邦に於て三菱電機木村氏は絶縁劣化時に發生するコロナに依る超音波を捕足し、故障の有無、發生個所を識別する方法、日立製作所三浦氏の衝擊電壓に依る磁氣的不平均を利用する短絡發見法がある。

次に是等の試験は主として現場に於て行われることが多いから装置及び方法は取扱簡便にし實用的なものであることが必要であり、亦一方研究室に於ては實物試験が頗る困難であり、多く模型或いは等價回路を使つた實驗となり易く従つて實際と對照して時にかなりの相違を認めなければならなくなることもある。

II. 研究経過

研究着手第一歩として前述の如く勵磁状態の變壓器に衝擊電壓を印加し、層間短絡を勵

磁電流の異變より認定する方法に就いて實驗し吟味することから始めた。供試品として柱上變壓器を使用した。これは新品であるが、その高壓側巻線は豫め過大な衝擊電壓をかけて損傷せしめておいた。この損傷の程度に就いては、陰極線オツシログラム記録から供試變壓器の電壓波形は第 1 圖 (A) の如き健全波形から、數十回過電壓印加後、著しく波尾長の縮小した (B) 圖に示された變歪を受けるまで層間短絡を引き起させたものであつた。なお試驗了終後現品の解體に依つて層間絶縁用プレスパンを檢查してピンホール状貫通孔が澤山存在していることが認定された。該品に付試みに、商用試驗及び誘導電壓絶縁試驗を施して見たが、この試驗では異常なく従つて合格と認定され得るものであつた。該品を第 2 圖の結線で、勵磁中、衝擊電壓を印加するこの検出法を適用して見た。變壓器は定格電壓で勵磁し衝擊波電壓は標準波を使用した。第 2 圖は整流管 2 個使用して衝擊電壓印加時に放電抵抗が變壓器の負荷となることを阻止した。亦變壓器高壓側巻線に誘起する電壓は交番するから圖の如く供試品の正極性最高値時に正極性衝擊破を印加するため三點間隙の始動装置を使用した。斯くして衝擊波高値を次第に増大して勵磁電流を電磁オツシログラムで記録した。實驗した結果は次の三階梯に分類することが出来た。

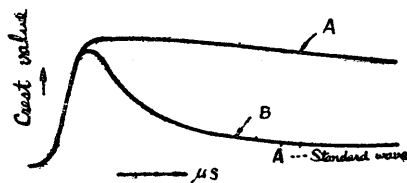


Fig. 1. Impuls voltage wave by layer short.

[A] 印加衝擊電壓の波高値の小さい場合は或は絶縁損傷程度が輕微の場合、續流が現れず、従つてこの検出法では故障を摘出し得ないが、然し陰極線オツシログラムで電壓波形の變歪が認められる、記録の一例は第 3 圖で商用波形に衝擊電壓印加時に對應して單に針狀の急騰波を記録したのみで勵磁電流の異變は認められぬ。

[B] 印加波高値を高めると層間短絡に依る續流が記録され半周期或は數周期續いて消滅する。第 4 圖は半周期繼續の場合でこの検出法でこの範圍ならば明に故障が摘出される。然し同一波高値の電壓でも再三繰返せば損傷は擴大進展して續流繼續時間は漸次延長し遂にはそれ自身で消滅し得ない範圍にまで進む。是等の實驗からこの検出法の適用範圍が狭いこと、且印加波高値は後述の本検出法のそれと比較して高く、若し電壓の調整を誤れば供試物を破壊する恐れは多分に存在する。

[C] 上記の範圍を超過して波高値を高め、或は損傷が甚だしく進展してゐる場合は續流を自ら消滅し得る能力を失い、そのため遮斷器の助けを待つて遮斷するが、其間損傷は

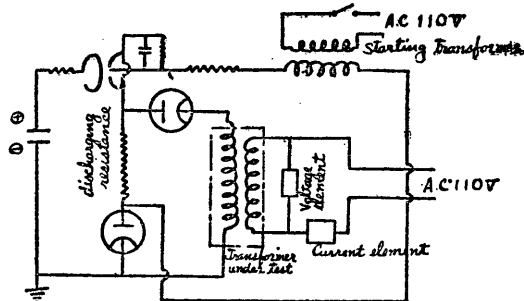


Fig. 2. Impulse voltage impressing to the transformer under excitation.

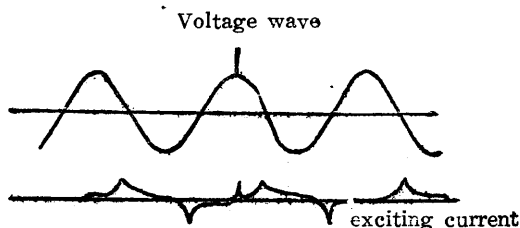


Fig. 3. Dynamic current does not appear by the superposition.

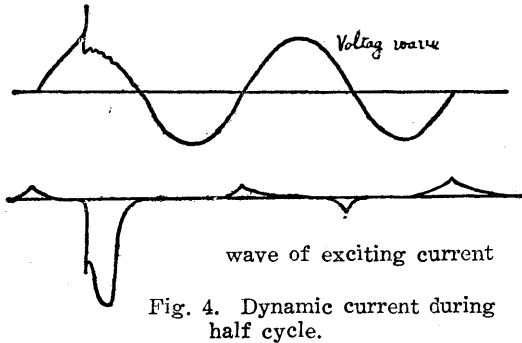


Fig. 4. Dynamic current during half cycle.

發生個所を探知するため、巻線を區分して逐次追求するか、一部解體しなければ適格に發生個所は判らない。故にこれ等の吟味から實施容易な供試物に損傷をあたえる憂の少い、且發生個所の位置をも併せ検出し得る方法を見出す必要が感ぜられた。

III. 本検出法の原理及び規準波

變壓器が雷動搖電壓の様な衝撃波の來襲に依つて生ずる損傷の多くは線輪間巻回間の絶縁部分であつて、其の他例へばタップリード或は巻線の途中から、直接或は間接に接地物に向つて閃絡することがあつても、それらの検出に就ては、後者は比較的容易であるに反し

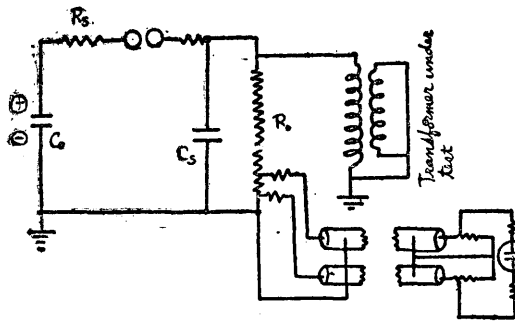


Fig. 5. The connection, transformer under impulse test.

前者は困難を伴ふ。變壓器試験時の結線第 5 圖に於て巻線の途中から接地地點に向つて閃絡すると衝撃電壓發生器の負荷インピーダンスが急減しそれが R_0 端子に波及して急落した電壓波形の記録が得られる。然るに層短絡の如き總巻回數の少數%の短絡は放電抵抗を含む總インピーダンスの變化は微々たるもので特に放電抵抗器の抵抗値が低い場合オツシロ記録には影響しない。若し放電抵抗を負荷變壓器インピーダンスに比較して大きく取れば有利であり、記録要素を供試物に並列でなく直列に入れば更に有效である。斯る考察から供試巻線に直列に無誘導抵抗を挿入し是を接地側におき巻線を通して接地側に流出する衝撃電流を捕へ、記録感度に対応する電壓波形として陰極線オツシロ偏位板に導くが有效と考えるに至つた。今巻線を柱上變壓器のそれの如く一樣に巻かれたものとし衝撃波が巻線端子に到着すると、巻線間静電容量に對應する尖頭波形の充電々流が瞬時に流れ記録される。波頭の内部侵入につれその峻度は漸次緩和されるが、波頭到達地點から接地端までの等價巻線間静電容量は増大するから充電々流は逐次追加し電流波形は上昇する曲線となる。斯くして波頭が接地端子に到着すれば電流波形は最高値を取る。變壓器巻線は衆知の如く分布 LC に依る傳播現象と磁氣的同時現象が並存する。波頭の内部侵入に依り入來端局所巻線には侵入波の波高値をその點の波動インピーダンスで除した電流が流れ、このため局所アンペア回數に依る共通磁束が同時に成生する。今電力用變壓器の例を取つて其の巻線延長は約 10 軒とし、波形傳播速度を光速の半分として波頭の接地端に到達する時間は 60 マイクロ秒となる。これは

擴大進展し試験のために劣化が速進し破壊する危険が多分にあるから實施には再検討を要する。斯くの如くこの検出法では電壓の調整及び適正值を見出すことはその範圍狭少なため甚だ困難であり、且整流管を必要とするから電力用變壓器には適用し得ない。亦層間短絡してゐることが假りに判つても

50 サイクルの時間的變化率 5 ミリ秒と比べて其の比は 80 倍となるから、磁氣的同時現象に依る電壓はかなりのものとなる。記録された電流波形の最高點は波頭の接地端に到達したことを意味すると共に磁束の最高點に相當することを意味する、低壓巻線を短絡すると、磁束は生成しないから検出規準波は一層上昇する傾向を取る。第 6 圖の結線で柱上變壓器の高壓側巻線を供試物としたときの規準波は第 7 圖である。このとき低壓巻線は有害な異常電壓を防止するため一般に接地短絡して試験する。第 7 圖 A 點は初充電々流で波頭の巻線端子に到達した瞬時を示し B 點は接地端子に到達した瞬時であるから A より B までは傳播速度一樣として巻線延長各點に波頭到達瞬時を示す。以上は柱上變壓器の例であるが、電力用變壓器であれば内鐵外鐵の差、線輪の構造、配列の差異に依り一般に第 7 圖とは異つた規準波となる。

(1) 單相屋外自冷式 容量 1000 kVA 外鐵型 66 kV, 3300 V
 上記變壓器は第 8 圖の如く 高低壓線輪群からなり検出規準波は第 9 圖である。高壓巻線等價回路は第 10 圖である。 C_1, C_2 を線輪間靜電容量とせば第

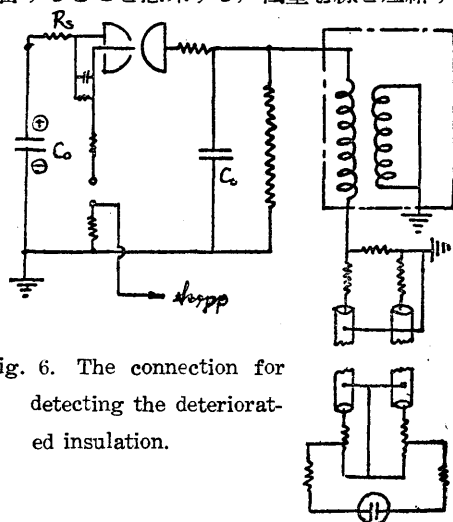


Fig. 6. The connection for detecting the deteriorated insulation.

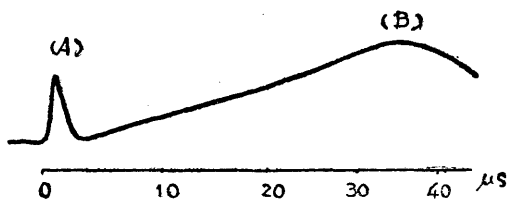


Fig. 7. Base wave form of pole transformer.

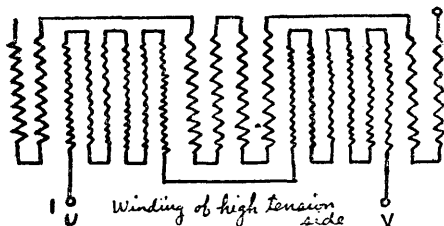


Fig. 8. Connection shell type wound transformer.

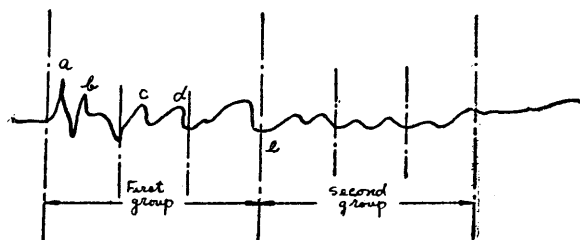


Fig. 9. Base wave form of shell type transformer.

9 圖 (a) は波形の巻線端到達に際し C_1 を通じて初充電を意味する隆起であり (b) は波頭の第一番目線輪の終端に達し C_2 を通じての充電を、亦 C_4 を通じての接地點への充電を意味する落込みを示す。(c) に於ては第二枚目の線輪を通過し第三枚目の線輪の始端に達して C_1 を通じての再充電を意味する。(d) は第三枚目の終端で C_2 を通じての再充電を示す。第 10 圖の線輪配置圖

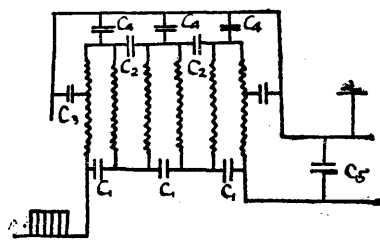


Fig. 10. Equivalent of circuit of shell type transformer.

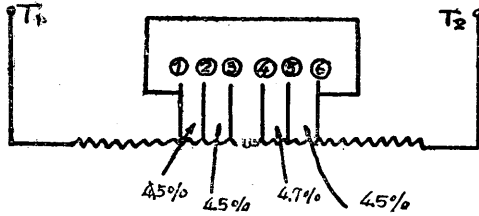


Fig. 11. Connection diagram of 89kV winding (each tap 4.5%).

から線輪 2 枚毎に同一状態を繰返すから即ち周期性があるから第一群線輪 6 枚に對應する三周期の變化と第二群三周期の變化に區別される。(e) は第一群第二群との連絡線が低壓巻線をまたいだため C_5 に依つて接地へ電流を分流した落込に相當する。



Fig. 12. Base wave form of core type transformer having taps.

(□) 單相屋外自冷式 容量 6000kVA

内鐵型 三巻線 89-60-30 kV

高壓巻線は第 11 圖の如くタップ ① と ⑥ を結び他巻線は總て短絡接地した。規準波は第 12 圖となる。内鐵型は多數の線輪がコイルスタックを形成してゐるから小刻みの脈動を伴ひ初充電々流と遊びタップ間の靜電容量に依る影響が強く表示されてゐる、それ故にタップを前後する線輪の位置を判別するには好都合である。

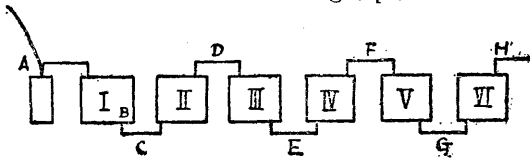


Fig. 13. One phase winding of 3 phase core type transformer.

(ハ) 三相屋外自冷式變壓器

150 kVA 内鐵型, 11 kV-200 V

第 13 圖の如く高壓線輪は一相に付六個より成り各線輪は細線多數巻で規準波は第 14 圖で示される。(A) は遮蔽環での充電々流を (c) 點の落込みは點 c の大地靜電容量に依り D は線輪間電容量に依り H に至るまで六個の線輪に對應する變化を伴つてゐる。

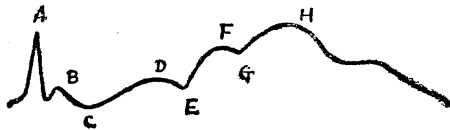


Fig. 14. Base wave form of 3 phase core type transformer.

IV. 柱上變壓器に依る絶緣損傷檢出

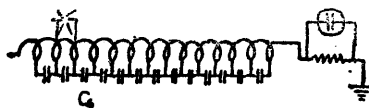


Fig. 15. Equivalent circuit of pole transformer winding.

變壓器巻線の一局部が第 15 圖の如く層短絡すると巻線局所の LC に依つて局部振動が生じ並列蓄電器 C を通じ瞬時に記録される。若し層短絡は其の地點に波頭到達の際生じるものとせば、記録中の異常變歪の位置は即ち短絡個所の位置を示す。變壓器が小局部短絡した時は高周波振動を伴つた基線から稍々隆起した變歪となる。(第 16 圖参照)。研究室で模型實驗するとき便宜上巻線間に狭小間隙を入れ短絡等價試驗をやることがある



Fig. 16. Minutes oscillation due to local short circuit of transformer winding.

が、これは現實と甚だしく相違を來す。絶縁物の劣化に依る短絡は絶縁物の表面匍匐閃絡に類似するから斯様にするか或は短絡した小線輪を使用して實物短絡を行わしめるか他に方法が無い。亦實驗の都度劣化が進展するから波形の變歪と實物とを對照し吟味する必要がある。次に完全な短絡で無く一部の損傷例えばワニス皮膜が劣化し或いは損傷し線輪間の油の補充或いは中間絶縁物なる絶縁リングが存在し未だ残留絶縁耐力がある場合第 16 圖に類似した少量の落込みとなるが第 17 圖は對地絶縁物の一部の耐力低下に依る大地充電電流が側路分流したことを意味する。猶この模擬試験は第 18 圖の結線で行える。第 18 圖はネオン管と微小静電容量を直列にしネオン管の點火を以て局部破壊に擬してゐる。次に多數巻回間の短絡或いは巻線中途から接地點への閃絡は變歪が擴大し第 19 圖は多數巻回間の短絡で急上昇する波形となる。接地物への閃絡は第 20 圖 AB で A は低壓巻線への閃絡 B は接地金具への閃絡に相應し閃絡物が供試巻線の接地側に結ばれてゐるか單獨接地してゐるかに従つて急上昇或いは急降下となる。一般に低壓巻線は供試巻線と同一接地に結ぶことが出来るが、鐵心外函等金具類は既に接地してあるから單獨接地となる。

V. 検出電壓値

絶縁劣化或いは損傷を検出する際一定波高値の電圧が必要で標準波形を使用すれば種々の資料があるので好都合であ



Fig. 17. Local breakdown of transformer winding.

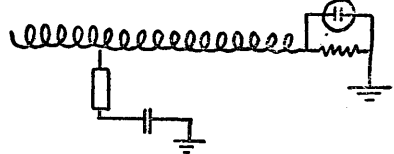


Fig. 18. Equivalent circuit of local breakdown of transformer insulation.

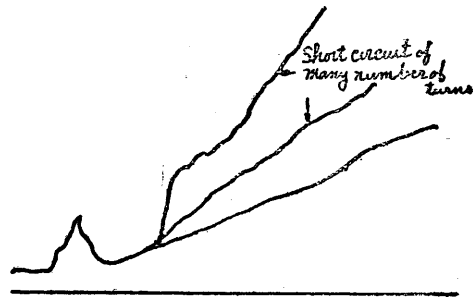


Fig. 19. Short circuit wave form of many number of turns.

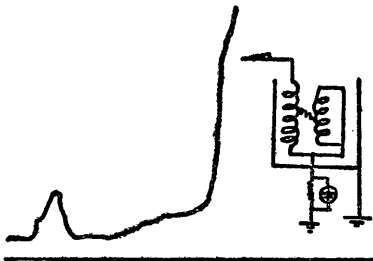


Fig. 20. (A) Flash over toward to low tension winding.



Fig. 20. (B) Flash over toward to grounding metal fittings.

る。印加する波高値が過大であれば、その電圧で新しく劣化する憂があり、低きに過ぎれば検出が不充分で故障を見逃す憂がある。前者即ち實驗のために故障が擴大する憂あれば電壓印加の都度オツシログラフを撮れば故障の進展に依り波形の變歪が變るから、印加電壓の上昇下降の實驗行程に於て變歪が一致すれば、この試験で劣化したもので無いことが判

る。亦これに依つて適正な検出電壓値が見出される。検出電壓適正值に關し今單相内鐵型 12,000 kVA, 60 kV 級の變壓器を例に取つて一端子接地他端子から標準衝擊波印加する場合を考へて、線輪間電壓をオツシロ記録に撮れば端子に近い線輪間には約 30~20% の尖頭波高値の振動波形であることが判る。亦巻線間即ち段間絶縁にかかる電壓値は上記から算定して 1.5~1.0% 位である。變壓器の線輪間巻回間絶縁は線路電壓に依つて定められる衝擊電壓レベルに依つて強加されている。従つて線路電壓に依つて是等の絶縁強度が相違するわけであるが、然し他の制限があつて餘り期待し得る程度に強加し得ない實状である。従つて是等絶縁耐力に餘り差が無くむしろ構造に依つて同一程度の電壓を分擔させた方が得策とする。今線輪間絶縁及び巻回間絶縁に付、現在の絶縁技術で最強に強加されたもので衝擊波で最小破壊電壓値はそれぞれ 220 kVA 及び 85 kV 程度である。普通程度の強加でそれぞれ 170kV 及び 60 kV 程度である。是等の數値は製品として製作された直後のものであるが、これが、使用すれば経歴に依り劣化する。劣化の程度は大體新品の 70~30% 位まで低下するものと考えられ線輪間絶縁で普通程度に劣化したものを例に取つて次の如く表わされる。

Table 1. Insulation strength of transformer.

Insulation strength between coils (new trans).	Insulation strength due to deterioration (30%).	Insulation strength of deteriorated trans.
220 kV	66 kV	264 kV
170 kV	51 kV	204 kV

第 1 表では變壓器の絶縁強度は印加衝擊波の 25% が線輪間に加わるものとして計算されてゐる。上表から安全のため最低を取り線輪間にかかる電壓が 51 kV 以下になる様な變壓器印加電壓即ち 204 kV 以下の電壓であれば安全であり、劣化した變壓器の絶縁強度と考えられる。この數値は變壓器の全波試験電壓値の約 60% に相當するが、多少試験回數を考へ先ず全波試験電壓値の 40% であれば安全であり、現在使用に耐えてゐる變壓器は充分これに耐え得るものと考へられる。次に巻回間絶縁に就いても同様に劣化の程度を假に 10% と見て巻回間にかかる電壓は變壓器端子電壓の 1.5% と見れば次表の如き結果を得る。

Table 2. Insulation strength of transformer.

Insulation strength bet. turns (new trans).	Insulation strength due to deterioration (10%).	Insulation strength of deteriorated trans.
85 kV	8.5 kV	560 kV
60 kV	6.0 kV	400 kV

上表の如く(第 2 表)最低と雖も 400 kV となつて巻回間絶縁は線輪間絶縁に比較して相當餘裕を持つてゐることが判る。然し一度絶縁破壊すると其の後の所謂残留絶縁耐力は線輪間のそれに比較して著しく低下するが通例である。それは線輪間絶縁は導體を包む絶縁皮膜が破壊しても油層及び絶縁リングで持つてゐるから未だ相當な残留値を保つてゐるが、巻回間のそれは斯様な期待をすることが出来ない。今假に斯様に絶縁破壊した變壓器の線輪間絶縁耐力は單に劣化したものの 15% 程度に假定すれば、絶縁破壊した變壓器

を更にその點で閃絡させるためには全波試験値の 9% 位の電壓で充分と云うこととなる。亦巻回間絶縁に付てもこれが破壊すれば健全な場合の 2% 前後と見積れば、變壓器全波試験電壓値の 9.3% 程度に低下してゐることとなる。現在電力の授受に使用してゐる變壓器に實際に本検出法を適用して現在まで繼續して來た經驗に依ると、變壓器の全波試験電壓値の約 10% 内外の電壓で充分に絶縁損傷を検出し得たのである。故にこの検出法を使用すれば全波試験電壓値の一割内外で充分であるが、更に試験値の 4 割程度まであげても先ず心配ないものと考えられるから、この検出法での電壓調整範圍は廣く従つて實施に際して電壓の調整を誤つて失敗する恐れは先ず無いと考えられる。本研究は日本發送電會社の援助に依り研究室内の實驗及び現場試験に種々便宜をあたえられたことに對し深謝する。

細管部を有する U 字管液柱の振動 (マノメーター制振の研究)

昭和 23 年 (1948), 2 月 20 日受理

鬼 頭 史 城*

Fumiki Kito: Oscillation of Fluid Column in a U-tube Manometer having a Narrow Passage in It. When using U-tube Manometers in hydraulic experiments, it is usual practice to throttle the rubber tube that leads the pressure head to Manometer, and thus damp out the oscillation of manometer column. But this is done usually by the free choice of experimenters. We thought it better to determine the size of the throttled part on some reasoning, and the following calculations were made. Thus the most suitable dimensions of the throttled part could be determined theoretically.

I. 緒 言

第 1 圖又は第 4 圖に示す如きマノメーター管路があると、之を用いて水力實驗を行うに當り、マノメーター液柱の振動を出来るだけ除去して計測の便宜を計る一つの方法として、管路の中に細管部を設ける事は管路を絞る等の方法により古くから既に行われているのであるが細管部の直径、長さ等の必要にして且つ充分なる具體的の寸法を求めたものは見當らない様である。本報告に於ては此點を明瞭ならしむべく若干の計算を行つたものである。問題の性質上計算は概數を求める程度に於て行つてある。

著者は本報告の要旨を機械學會雜誌 (昭和 18 年, 1943, 9 月) に於ける「水流計測に關する二三の注意」と題する報文中にのべておいたが、餘りにも摘要にすぎた。然るにその後この種の解を詳しく報告することの必要さを認めたので、こゝに改めて詳細の報文を起草した次第である。

* 應義塾大學教授, 工博; Dr. Eng. Prof. of Keiogijuku University.